

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870834

研究課題名(和文)ハゲ山に森林が再生した流域における洪水緩和機能の回復メカニズムの解明

研究課題名(英文) Mechanism of flood mitigation function recover in a watershed accompanying with the forest restoration on the denuded hillslope

研究代表者

五名 美江 (GOMYO, Mie)

東京大学・農学生命科学研究科(農学部)・特任助教

研究者番号：10579444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ハゲ山からの森林再生によって降雨量－直接流出量に変化したメカニズムを解明していくことである。東京大学演習林生態水文学研究所の宮試験地内にAプロット(ハゲ山)、Bプロット(森林 伐採 ハゲ山)、Cプロット(森林)を設け、同じ観測システムを設置して、同じ降雨量に対する表面流の違いを定量的に比較した。A,BとCの比較から、森林斜面では降水強度に関係なく降水量の約2%が地表面流量となっていたが、裸地斜面では降水強度が1mm/5分を超える強度の降水量の約30%が地表面流量となっていた。この結果により、森林斜面と裸地斜面の地表面流量の差の降雨イベント毎のばらつきを説明できた。

研究成果の概要(英文)：To identify major mechanism of rainfall - runoff relationship change during high intensity rainfall events in a watershed accompanying with the forest restoration on the denuded hillslope, we establish A (broadleaved forest: control), B (broadleaved forest: treatment) and C (bare soil) hillslope plots to observe the surface runoff in the Ananomiya Experimental Forest, The University of Tokyo Forests. The surface runoff was greater in the bare soil hillslope than that in the forested hillslope for all rainfall events but the magnitude of difference was strongly depend on the rainfall events. The variation of magnitude (3 times minimum and 16 times maximum) can be explained by the volume of high rainfall intensity (above 1 mm / 5 minutes) rainfall. At the plot C, about 30 % of rainfall with high intensity was discharged as surface runoff, whereas about 2 % of rainfall was discharged as the surface runoff regardless of the rainfall intensity.

研究分野：森林水文学

キーワード：表面流 リター 降雨量 間伐 表層土壌

1. 研究開始当初の背景

研究の背景

森林の洪水緩和機能とは、森林に覆われている山に降った大雨が川に流れてくる際に、枝葉、幹、落葉、土壌、土層、岩盤の亀裂などに一時的に貯留され、その一部は遅れて流出し(平準化作用)、一部は川に流れずに蒸発し(蒸発散作用)、その結果として、下流の洪水の総流出量の減少、ピーク流出量の低下、到達時間の遅れをもたらす自然現象のうち、主として森林を構成する樹木、土壌等が存在していることで発揮されている一連の自然現象を意味している。これまで、森林の洪水緩和機能を明らかにするため多数の個別研究が行われてきた(例えば、中野 1976)。

しかし、洪水をもたらすような大雨はまれにしか襲来しないこと、洪水時に生起する素過程が複雑であること、想定外の現象の発生等により正確な観測が難しいこと等の困難があり、個別研究の成果が十分蓄積され、一般化されたとはいえない。その一つの理由は、明治以来、日本の森林は荒廃状態からの土壌の長い回復の途上にあり、河川計画における流出解析に森林の機能を定量的に盛り込むための基礎的な知見として、この過程で洪水緩和機能がどのように変化したかを定量的に明らかにすることが求められているにもかかわらず、土壌の回復過程という長い時間スケールをカバーできる長期かつ正確なデータがほとんどないことにある(谷 2011)。そのようなデータを保有している数少ない試験地として、東京大学生態水文学研究所(愛知県瀬戸市)穴の宮試験流域(以下、穴の宮流域)があり、1929年から現在まで、ハゲ山に砂防植栽等を施して森林再生を開始した状態から森林に被覆され、土壌が回復し始めるまでの、80年以上にわたるデータが蓄積されている。

申請者は、穴の宮試験流域を対象とし、単独流域法を適用して、ハゲ山に砂防植栽等を施して森林再生を開始した期間(前期)と、それから80年が経過して森林に被覆され、土壌が回復途上にある期間(後期)で、森林の洪水緩和機能の指標の一つである降雨量と直接流出量との関係の違いを定量的に明らかにすることを目的として解析を行った。その結果、以下のことが明らかになった(五名・蔵治 2012)。

1. 後期と比べて前期の方が、同じ降雨量に対して推定直接流出量が大きく、その差は、200、300、400 mm の降雨に対してそれぞれ16.0、25.8、33.5 mm と推定された。これらの値はそれぞれの場合における後期の直接流出量の16~27%を占めており、無視できない大きさであった。

2. 前期と後期の差は、初期水分条件が乾燥の場合や、最大降雨強度が大きい場合に、より明瞭に現れた。例えば、初期水分条件が乾

燥の場合、後期と比べて前期は、200、300、400 mm の降雨に対して推定直接流出量がそれぞれ19.1、29.1、36.6 mm 大きく、最大降雨強度が大きい場合、図-1に示すように、後期と比べて前期は、200、300、400 mm の降雨に対して推定直接流出量がそれぞれ36.3、56.7、71.3 mm 大きかった。これらの値はそれぞれの場合における後期の直接流出量の18~62%を占めており、無視できない大きさであった。一方、土壌が湿潤な場合や、最大降雨強度が小さい場合は、200、300、400 mm の降雨に対する前期と後期の推定直接流出量の差は、後期の直接流出量の6%未満であった。

2. 研究の目的

森林再生および森林植生の変化が森林の洪水緩和機能に与える影響を定量的に評価するためには数十年の降雨量と流出量のデータが必要であり、これまで観測データから定量的に評価し解析した例はほとんどない。申請者は、ハゲ山からの森林再生によって降雨量-直接流出量関係は、初期水分条件が乾燥の場合と降雨強度が大きい場合において、特に直接流出量は減少することを明らかにした(五名・蔵治 2012)。本研究では、同流域内にわずかに残存するハゲ山と森林を対象に、土壌水分と地下水位の計測、表面流の計測、土壌浸透能の測定、樹冠遮断蒸発量を測定し、森林回復により直接流出量が減少した要因を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

愛知県瀬戸市に位置する東京大学演習林生態水文学研究所穴の宮試験地(137°06'23"E, 35°15'23"N)を調査対象地とした。本試験地は、かつてハゲ山だった斜面に森林が再生され、うち一部で表層崩壊が発生し、跡地地表面が裸地状態となっている。穴の宮試験地の常緑・落葉混交の広葉樹二次林(以下、広葉樹二次林とする)内に集水面積7.4 m²(A区画)、8.1 m²(B区画)の2プロット、および隣接する表層崩壊地(以下、裸地とする)斜面に集水面積6.3 m²(C区画)のプロットを設け、同じ流量観測装置(転倒ます型量水計UIZ-TB)を設置して、2015年5月から表面流観測を開始した。

4. 研究成果

1 降雨イベントの降水量とB区画(広葉樹二次林)とC区画(裸地)の1降雨イベントの表面流量の関係を図-1(a)に示す。広葉樹二次林の表面流量は降水量に対して直線的に増加しているが、裸地の表面流量と降水量の関係はばらつきが極めて大きいことがわかる。広葉樹二次林と裸地の積算降水量と裸地の積算表面流量の関係を図-2(a)に示す。0.5 mm/5分以上の降水すべて

を積算した場合、両者の関係は各降水によって異なることがわかる。しかしながら、図-1(b)に示すように、裸地の表面流量は、1 mm/5 分以上の強度の降水量と明瞭な関係があるが広葉樹二次林では関係が不明瞭

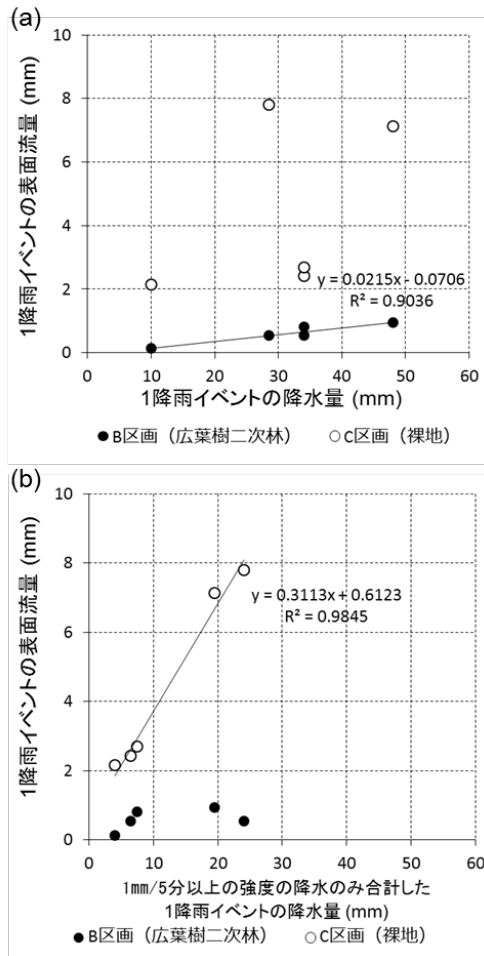


図-1. 広葉樹二次林と裸地の(a)1降雨イベント降水量と1降雨イベント表面流の関係、(b)1mm/5分以上の強度の降水のみ合計した1降雨イベントの降水量と1降雨イベント表面流量の関係。

になることがわかった。広葉樹二次林と裸地の1 mm /5 分以上の強度の降水の積算降水量と裸地の積算表面流量の関係を図-2(b)に示す。図-2(a)の場合と異なり、降水強度1 mm/5 分以上を積算した場合は、対象出水すべてが類似した直線になることがわかった。図-1(b)の直線回帰式の傾きから、裸地斜面では、1 mm/5 分 (= 12 mm /hour) 以上の降水強度で降った雨量の約30%が表面流となっていた。その一方で、それより弱い雨はほとんど浸透し、表面流は少ないことが明らかになった。広葉樹二次林では、図-1(a)の直線回帰式の傾きから、降水強度に関係なく総雨量の約2%が表面流となっていた。降水はいったん樹冠に捕捉され、林内雨や樹幹流となり、林内雨はリター層に捕捉され、腐植層に浸透する。その過程で、降水強度の依存性がなくなり、積算降水量に応じた表面流が発生することが明らかになった。広葉樹二次林に比べて裸

地の表面流量は常に多いが、その割合は3倍から16倍までの幅があり、1 mm/5 分以上の降水強度の降水量の割合が多いほど、倍率が大きいことがわかった。森林再生に伴って、降水強度が大きいほど、裸地と広葉樹二次林の表面流量の差が大きくなり、それが直接流出量の差になってあらわれている可能性が高いことが、本研究の直接観測により実証された。

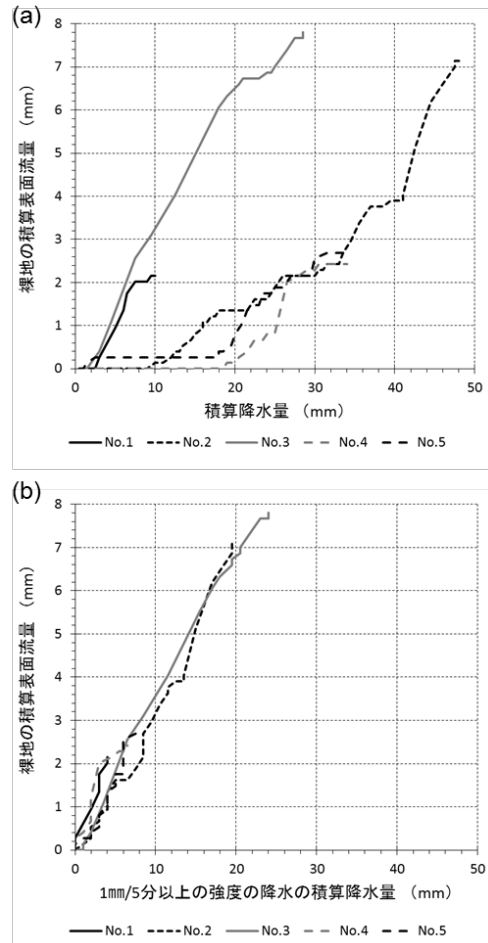


図-2. 裸地の(a)積算降水量と積算表面流量の関係、(b)1mm/5分以上の強度の降水と積算降水量と積算表面流量の関係。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

五名美江、黒木里香、加藤敦美、川名美恵、蔵治光一郎、生態水文学研究所東山試験流域における自記雨量計による日降雨量観測結果報告、演習林(東大)査読有、Vol.59、2017、157-170

五名美江、春田泰次、秩父演習林における渓流水質分析結果報告(自 1998 年 7

月至 2010 年 3 月) 演習林(東大) 査読有、Vol.59、2017、171 - 173
Mie Gomyo, Koichiro Kuraji, Effect of the litter layer on runoff and evapotranspiration using the paired watershed method, Journal of Forest Research, 査読有, Vol.21, 2016, 306-313,
DOI 10.1007/s10310-016-0542-5
五名美江、蔵治光一郎、リター層が流域スケールの水収支と流出に及ぼす影響、水利科学、査読有、Vol.351、2016、31 - 45 .
五名美江、高橋功一、蔵治光一郎、広葉樹二次林内および隣接表層崩壊地における表面流の比較、中部森林研究、査読有、Vol.64、2016、105 - 107
蔵治光一郎、五名美江、矢作川本川および支川の豊水、平水、低水、湯水比流量の長期変動、矢作川研究、査読有、Vol.19、2015、67-74
五名美江、春田泰次、蔵治光一郎、生態水文学研究所白坂試験流域における水質分析結果報告、演習林(東大) 査読有、Vol.57、2015、103-114
蔵治光一郎、五名美江、東京大学演習林生態水文学研究所における器差補正を考慮した 78 年間の年平均気温の変化の推定と名古屋の都市化による昇温との関係、東京大学農学部演習林報告、査読有、Vol.131、2014、29 - 40

[学会発表](計 17 件)

蔵治光一郎、田中延亮、五名美江、佐藤貴紀、北岡明彦、鈴木春彦、中島諒大、ヒノキ人工林における地表面流の観測 - 豊田市水源涵養機能モニタリングの結果から -、第 128 回日本森林学会大会、2017 年 3 月 28 日、鹿児島大学
田中延亮、佐藤貴紀、五名美江、広嶋卓也、蔵治光一郎、北岡明彦、鈴木春彦、中島諒大、ヒノキ人工林における単木の樹幹流下量の説明要因、第 128 回日本森林学会大会、2017 年 3 月 28 日、鹿児島大学
田中延亮、佐藤貴紀、五名美江、広嶋卓也、蔵治光一郎、北岡明彦、鈴木春彦、中島諒大、ヒノキ人工林における単木の樹幹流下量のばらつきと個体差の影響、2016 年 10 月 22 日、第 6 回中部森林学会、三重大学
蔵治光一郎、田中延亮、五名美江、佐藤貴紀、北岡明彦、鈴木春彦、中島諒大、ヒノキ人工林における表面流の流出特性 豊田市水源涵養機能モニタリングの結果から、2016 年 10 月 22 日、第 6 回中部森林学会、三重大学
五名美江、中村晋一郎、乃田啓吾、木村匡臣、渡部哲史、西原是良、中山間地域

における治水対策に関する研究会、2016 年 9 月 16 日、水文・水資源学会、コラッセふくしま
-持続可能な地域の在り方に関する検討-
Koichiro Kuraji, Mie Gomyo, Long-term forest hydrology research in Ananomiya Experimental Watershed, Ecohydrology Research Institute, the University of Tokyo Forests, The 7th SAUFC, 12 Oct.2016, The University of Tokyo Hokkaido Forest
蔵治光一郎、五名美江、隣接する裸地斜面と広葉樹林斜面における地表面流の比較、第 127 回日本森林学会、2016 年 3 月 29 日、日本大学
五名美江、高橋功一、蔵治光一郎、広葉樹二次林内および隣接表層崩壊地における表面流の比較、第 5 回中部森林学会、2015 年 10 月 3 日、静岡大学
五名美江、蔵治光一郎、斜面ライシメータ上のヒノキ林の強度間伐が流出量に及ぼす影響、水文・水資源学会、2015 年 9 月 9 日、首都大学東京
中村晋一郎・乃田啓吾・木村匡臣・五名美江・渡部哲史、中山間地域における治水対策に関する研究会 将来シナリオに関する検討 -、水文・水資源学会、2015 年 9 月 9 日、首都大学東京
Koichiro Kuraji, Mie Gomyo, The role of the litter layer on the hydrological response of a forested catchment, The 7th Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources and the 12th Annual Meeting of the Asia Oceania Geosciences Society, 2015, シンガポール
Koichiro Kuraji, Mie Gomyo, The role of litter layer on the hydrology response of a forested catchment, The 4th International Conference on Forests and Water in a Changing Environment, 9 Jul.2015, カナダ
五名美江、蔵治光一郎、小流域のリターが水収支および洪水時流出量に及ぼす影響、第 126 回日本森林学会、2015 年 3 月 28 日、北海道大学
五名美江、蔵治光一郎、小流域全体のリター剥ぎ取りが流出量に及ぼす影響、水文・水資源学会、2014 年 9 月 25 日、宮崎グリーンズフィア壱番館
乃田啓吾・中村晋一郎・木村匡臣・五名美江・渡部哲史、水文・水資源学会、2014 年 9 月 25 日、宮崎グリーンズフィア壱番館
Mie Gomyo, Koichiro Kuraji, Long-term variation of coefficients of peak discharge in a small watershed, in association with forest restoration and succession on denuded hills, International Union of Forest Research

Organizations 2014 World Congress,5
Oct.2014, USA
Mie Gomyo, Koichiro Kuraji,
Seventy-seven years variation of
annual evapotranspiration in small
watershed with the forest restoration
and succession on denuded hills,
International Union of Forest Research
Organizations 2014 World Congress, 5
Oct. 2014, USA

〔図書〕(計 2 件)

蔵治光一郎、五名美江、東京大学出版会、
社会的共通資本としての森、2015、322
五名美江、坪山良夫、築地書館、緑のダ
ムの科学 減災・森林・水循環、2014、
253

6. 研究組織

(1)研究代表者

五名 美江 (GOMYO, Mie)

東京大学・農学生命科学研究科・特任助教
研究者番号：10579444

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

蔵治 光一郎 (KURAJI, Koichiro)

東京大学・農学生命科学研究科・教授
研究者番号：90282566